تجارب عملية
مع
المواد

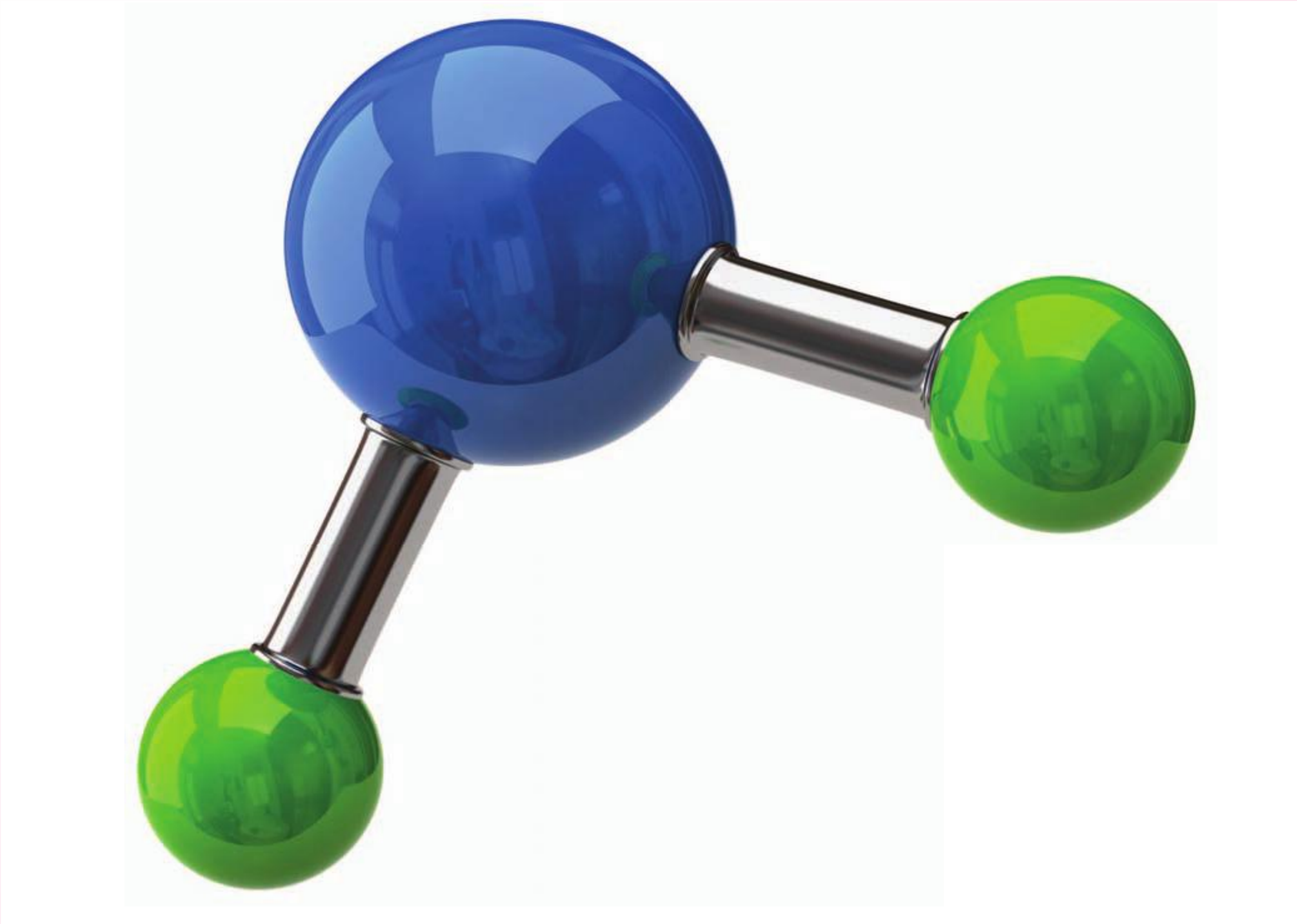


كتاب العربية

الثقافة العلمية للجميع

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST

1433هـ - 2012 م



ح المجلة العربية، 1433هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
الصيني، ندى محمود
تجارب عملية مع المواد. / ندى محمود الصيني. – الرياض، 1433هـ
32 ص؛ 28x21 سم – (الثقافة العلمية للجميع؛ 70)
ردمك: 6-18-8086-603-978

1 - كتب الأطفال - السعودية 2 - المواد أ. العنوان ب. السلسلة
ديوي 620 1433/8693
رقم الإيداع: 1433/8693
ردمك: 6-18-8086-603-978

LEARNERS
Learners Press Private Limited
A-79, Okhla Industrial Area, Phase-II,
New Delhi-110020, India

ضمن التعاون المشترك بين المجلة العربية
ومدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST

الثقافة العلمية للجميع

كتاب العربية 70

تجارب عملية

مع

المواد



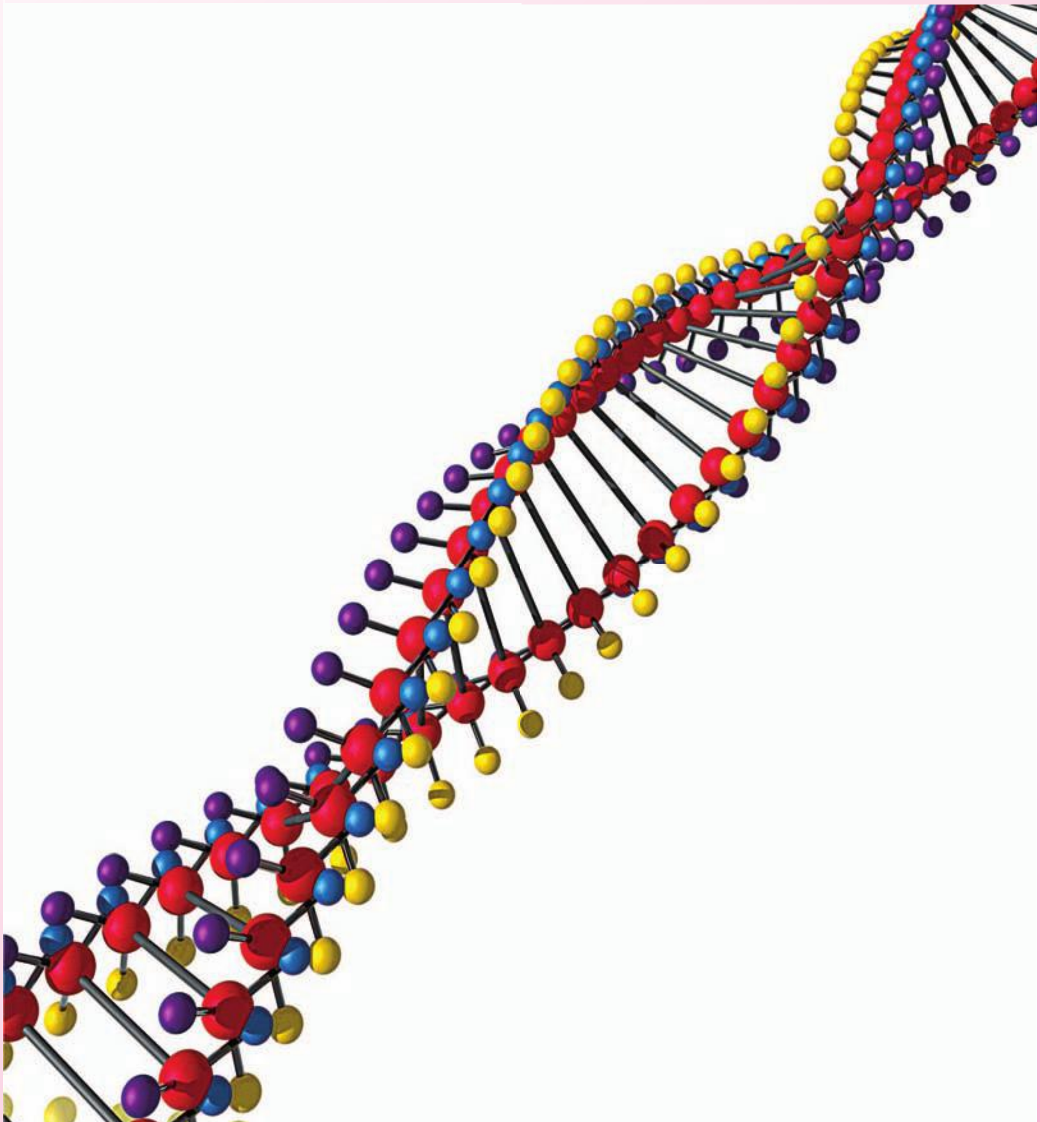
تجارب عملية سهلة وآمنة







المحتويات



خواص المواد



كل مادة تراها في هذا العالم لها خصائص تميزها. مثلاً ، الملح مسحوق أبيض، والماء سائل شفاف يذوب فيه الملح. الحديد معدن ثقيل وصلب وهو مغناطيسي. يصدأ الحديد عندما يتفاعل مع الماء.

تصف الفقرة أعلاه خصائص فيزيائية محددة مثل اللون، الصلابة، التركيب وأيضاً الخصائص الكيميائية لبعض المواد.

من المهم لنا أن نتعرف على الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمواد حتى نتمكن من استخدامها بشكل صحيح. في هذا الكتاب سوف نستكشف بعض الخصائص الفيزيائية المهمة للمواد. هذا سيساعدك في إدراك لماذا تتصرف المواد المختلفة بطريقة خاصة بها.



• للبداية

1. اجمع 10 مواد مختلفة من حولك.
2. صف الخصائص الفيزيائية لها. كن دقيقاً بقدر الإمكان. لا تقتصر على وصف بعض المواد بأنها ثقيلة، ولكن حدد بأنها أثقل من شيء وأخف من شيء آخر.
3. حاول أن تحدد مجموعة من المواد التي لها خصائص فيزيائية متشابهة. سيساعدك الجدول في الصفحة التالية.

الخصائص

الهيئة	  	هل هو جامد ، سائل أو غاز؟
الشكل الخارجي		ما لونه؟ هل هو لامع أم باهت؟ شفاف أو غير شفاف؟
التركيب		
الكثافة		
الليونة		هل هو قابل للشد والثني؟
الهشاشة		هل ينكسر بدلاً من أن ينثني؟
المرونة		هل يعود إلى شكله الأصلي بعد الشد؟
الصلابة		ما مدى صلابته؟ ما الذي يخدشه؟
اللزوجة		هل يتدفق السائل بسهولة ؟

حتى الآن لا بد من أنك تتساءل ما سبب الاختلاف بين المواد. للإجابة عن ذلك ، يجب أن تتعرف أولاً على تركيب الأشياء.

مم تصنع الأشياء؟

ما تصنع منه جميع الأشياء يسمى المادة. قد يكون جامداً مثل الحديد والخشب، أو سائلاً مثل الماء والكيروسين، أو غازاً مثل الهواء والأكسجين.

هل جميع المواد تتكون من نفس العناصر الأساسية؟ هذا السؤال شغل الكثير من الناس لسنوات.

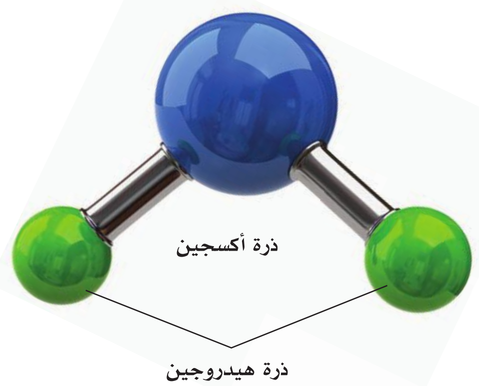
منذ 2500 سنة اعتقد قدماء الإغريق والفلاسفة الهنود أن جميع المواد يمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع رئيسة أو عناصر، وهي: الأرض والماء والهواء والنار.

العديد من المفكرين الإغريق مثل أرسطو ، اعتقد أن المادة تتكون من مادة مستمرة، وتنقسم إلى أجزاء أصغر ثم أصغر إلى ما لا نهاية.

العديد من المفكرين الإغريق مثل ديموقريطس جادلوهم في أن المادة تتكون من جزيئات صغيرة جداً غير مرئية. هذه الجزيئات تختلف في ترتيبها في الأجسام المختلفة. كما أنها لا تنقسم، وعلاوة على ذلك سماها ديموقريطس الذرات (من الكلمة الإغريقية أتوموس والتي تعني غير قابل للانقسام) .

فيلسوف هندي يدعى كانادا اقترح بشكل مستقل فكرة عن الذرة في القرن السادس قبل الميلاد. قال إنه لا يمكن للمادة أن تنقسم إلى أجزاء أصغر وأصغر إلى ما لا نهاية. أصغر جزيء من المادة غير مرئي وغير قابل للتدمير يسمى بارامانيو (من الكلمة السنكريتية التي تعني أصغر جزيء).

للأسف أن الإغريق وجدوا أن آراء أرسطو مقنعة أكثر من آراء ديموقريطس. لذا بقيت الفكرة الرائعة للذرة منسية لوقت طويل.



جزيء الماء

• العناصر والمركبات

في القرن السابع عشر الميلادي تم تحدي نظرية العناصر الأربعة. في عام 1661م في إنجلترا، اقترح روبرت بويل فكرة الكيميائيات الأساسية النقية أو العناصر. العناصر هي اللبنات الأساسية التي تقوم مجتمعة بتركيب جميع المواد الأخرى في العالم.

مؤخراً أظهرت العديد من التجارب العملية أن بويل كان على حق. تم اكتشاف عناصر جديدة. وجد اثنان من العلماء جوزيف بريستلي وأنتوني لافوزيه أن أحد العناصر الأساسية لأرسطو وهو الهواء عبارة عن خليط من الغازات المختلفة. كما وجد لافوازيه أيضاً أن الماء هو عبارة عن مركب كيميائي لعنصرين الهيدروجين والأكسجين. مثل هذه المواد تسمى مركبات.

تم الإقرار على أن المواد هي عناصر نقية (مثل الحديد، المغنيسيوم، السلفر، الكربون، الأكسجين، النيتروجين.. إلخ) أو أن المركبات مكونة من هذه العناصر النقية. الماء، ثاني أكسيد الكربون، الملح والزجاج جميعها أمثلة على المركبات. بعض المواد هي عبارة عن خليط من واحد أو اثنين من العناصر.

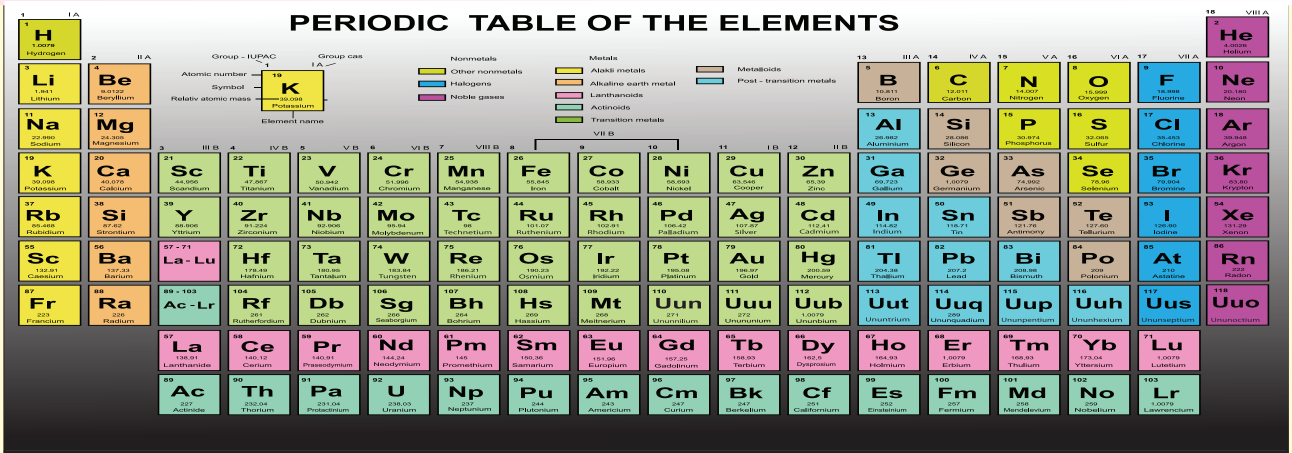
تحقق من هذا

اكتب قائمة بجميع المواد التي تجدها في قاعة الدراسة.
صنّفها إلى عناصر ومركبات ومخاليط.

إلى الآن تم اكتشاف 105 عناصر. منها 92 عنصراً وجدت في الطبيعة. فقط اثنان من الـ92عنصر هي سائلة في درجات الحرارة العادية، هما البروم والزئبق. 11 عنصر فقط هي غازات. أما بقية العناصر فهي جوامد كمعظم المعادن.

الجدول الدوري في الصفحة التالية يظهر أسماء جميع العناصر. قام بإعداد الجدول العالم الروسي ديميتري ميندليف. تم ترتيب العناصر بحسب الزيادة في الرقم الذري.





The elements	Symbol	Atomic number		Symbol	Atomic number		Symbol	Atomic number
Actinium	AC	89	Hafnium	Hf	72	Praseodyminum	Pr	59
Aluminium	Al	13	Helium	He	2	Prometheum	Pm	61
Americium	Am	95	Holmium	H0	67	Protactinium	Pa	91
Antimony	Sb	51	Hydrogen	H	1	Radium	Ra	88
Argon	Ar	18	Indium	In	49	Radon	Rn	86
Arsenic	As	33	Iodine	I	53	Rhenium	Re	75
Astatine	At	85	Iridium	Ir	77	Rhodium	Rh	45
Barium	Ba	56	Iron	Fe	26	Rubidium	Rb	37
Berkelium	Bk	97	Krypton	Kr	36	Ruthenium	Ru	44
Beryllium	Be	4	Lanthanum	La	57	Samarium	Sm	62
Bismuth	Bi	83	Lawrence	Lr	103	Scandium	Sc	21
Boron	B	5	Lead	Pb	82	Selenium	Se	34
Bromine	Br	35	Lithium	Li	3	Silicon	Si	14
Cadmium	Cd	48	Lutetium	Lu	71	Silver	Ag	47
Calcium	Ca	20	Magnesium	Mg	12	Sodium	Na	11
Californium	Cf	98	Manganese	Mn	25	Strontium	Sr	38
Carbon	C	6	Mendelevium	Md	101	Sulfur	S	16
Cerium	Ce	58	Mercury	Hg	80	Tantalum	Ta	73
Caesium	Cs	55	Molybdenum	Mo	42	Technetium	Tc	43
Chlorine	Cl	17	Neodymium	Nd	60	Tellurium	Te	52
Chromium	Cr	24	Neon	Ne	10	Terbium	Tb	65
Cobalt	Co	27	Neptunium	Np	93	Thallium	Tl	81
Copper	Cu	29	Nickel	Ni	28	Thorium	Th	90
Curium	Cm	96	Niobium	Nb	41	Thulium	Tm	69
Dysprosium	Dy	66	Nitrogen	N	7	Tin	Sn	50
Einsteinium	Es	99	Nobelium	No	102	Titanium	Ti	22
Erbium	Er	68	Osmium	Os	76	Tungsten	W	74
Europium	Eu	63	Oxygen	O	8	Uranium	U	92
Fermium	Fm	100	Palladium	Pd	46	Vanadium	V	23
Flourine	F	9	Phosphorus	P	15	Xenon	Xe	54
Francium	Fr	87	Platinum	Pt	78	Ytterbium	Yb	70
Gadolinium	Gd	64	Plutonium	Pu	94	Yttrium	Y	39
Gallium	Ga	31	Polonium	Po	84	Zinc	Zn	30
Germanium	Ge	32	Potassium	K	19	Zirconium	Zr	40
Gold	Au	79						

• الجدول الدوري للعناصر

يحتوي الجدول الدوري على ثلاثة أنماط مستقلة هي المعادن وغير المعادن والعناصر الانتقالية.

• الذرات والجزيئات



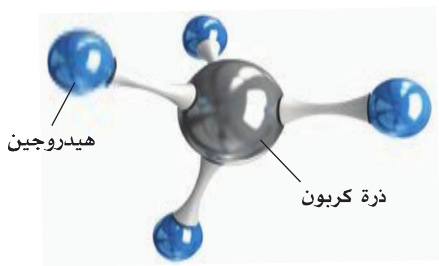
نموذج لجزيء الحمض النووي

في هذه الأثناء حازت الفكرة القديمة للذرة قبولاً. وأخيراً أقر الكيميائي الإنجليزي جون دالتون فكرة الذرات في العلوم. اقترح أن الذرات هي أصغر وحدة في المادة. ذرات العنصر الواحد متشابهة بينما ذرات العناصر المختلفة غير متشابهة. مثلاً الحديد يختلف عن الألمنيوم لأنه مكون من نوع مختلف من الذرات.

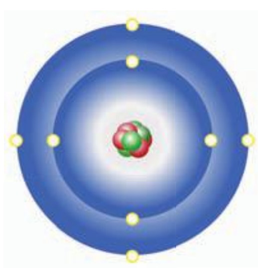
طوّر الفيزيائي الإيطالي أميديو أفوغادرو النظرية الذرية بتوضيحه أن الذرة وجدت وحيدة ثم تشكلت في أزواج. هذا يعني أن أصغر وحدة في غاز الهيدروجين ليست ذرة هيدروجين واحدة بل ذرتان من الهيدروجين. بالإضافة إلى ذلك، ذرات النوع الواحد بإمكانها أن ترتبط مع ذرات من نوع آخر، فقط في تركيبات معينة لتكوين المركبات. أزواج الذرات سواءً كانت من نفس النوع أو من أنواع مختلفة تسمى جزيئات. لذا يمكننا القول إن المواد تتكون من جزيئات والجزيئات بدورها تتكون من ذرات.

هل تعلم؟

جزيئات البروتين هي أكبر الجزيئات، تتكون من عشرات بل مئات الألوف من الذرات.



جزيء الميثان (ذرة كربون مرتبطة بأربع ذرات هيدروجين)



كربون

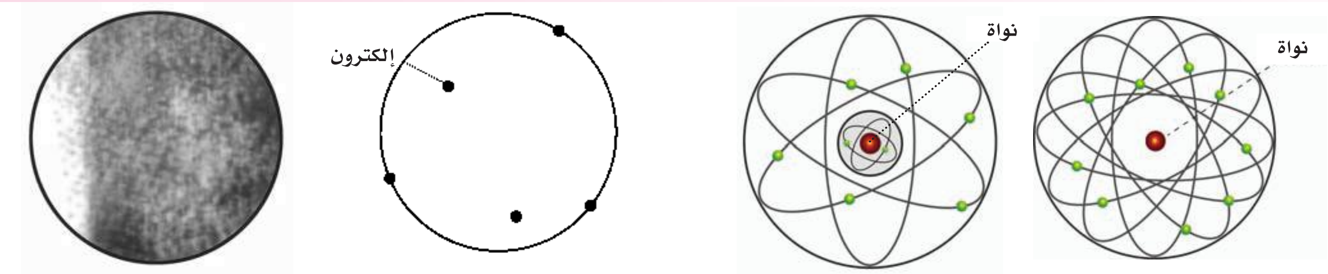


هيدروجين

• التركيب الذري

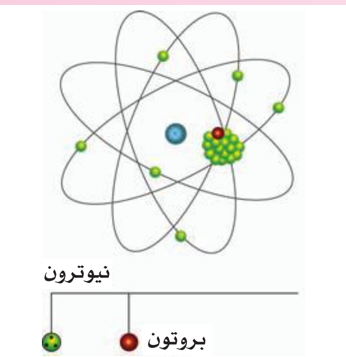
تلقت النظرية الذرية لدالتون صفعة عندما تمكن ج.ج ثومبسون أثناء قيامه بتجارب على أنابيب أشعة المهبط (الكاثود) في عام 1897م من اكتشاف تدفق من الجسيمات أصغر 1800 مرة من الذرة. الجسيمات المكتشفة مشحونة كهربائياً وسميت بالإلكترونات. اقترح ثومبسون أن الإلكترونات جزء لا يتجزأ من الذرة مثل الزبيب وحلوى البرقوق.

بعـد عـدة سنـوات، اكتشـف أرنست رذرفـورد نواة كثيفة في مركـز كل ذرة مع جسيمات موجبـة الشحنة. هذه تسمى البروتونات. كل ذرة من العنصر لها عدد معين من البروتونات هذا الرقم يعرف بالرقم الذري لها.
وفقاً إلى رذرفورد فإن الإلكترونات سالبة الشحنة تدور حول الشحنات الموجبة والنواة في سحابة إلكترونية.
عـدد الإلكترونـات مسـاوٍ لعدد البروتونات فـي الذرة كما أن شحنتهمـا متعادلة فتكون الـذرة مستقرة. في عام 1913م اقتـرح العالـم الدانماركـي نيـل بـور أن الإلكترونـات تدور حـول النواة فـي سلسلة من المـدارات بنفس الطريقة التي تدور فيها الكواكب حول الشمس.



بور « المدارات » 1913 رذرفورد « سحابة الإلكترون » 1911 توميسون « بودنج البرقوق » 1901 دالتون « كرة البلياردو » 1803

بعـد عدة سنـوات اكتشف شادويك وجـود جسيمات أخرى فـي النواة تسمى النيوترونـات. منـذ ذلك الحيـن اكتشف العلمـاء أشياء معقـدة للغاية تحدث داخـل الـذرة. لاحظ أن عـدد الالكترونات وموضعها في الـذرة يحدد السلوك الكيميائـي للمـادة، بينما معظم الخصائـص الفيزيائية تتضح من خلال قوة التفاعل بين الذرات المجاورة والجزيئات في المواد.



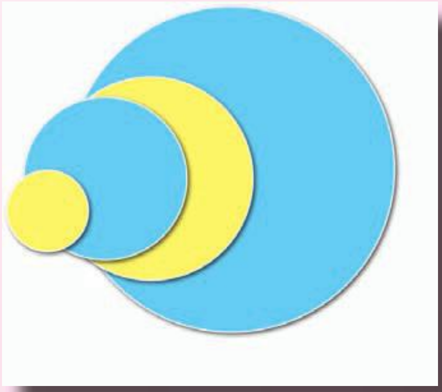
• كيف تصنع نموذجاً للذرة؟

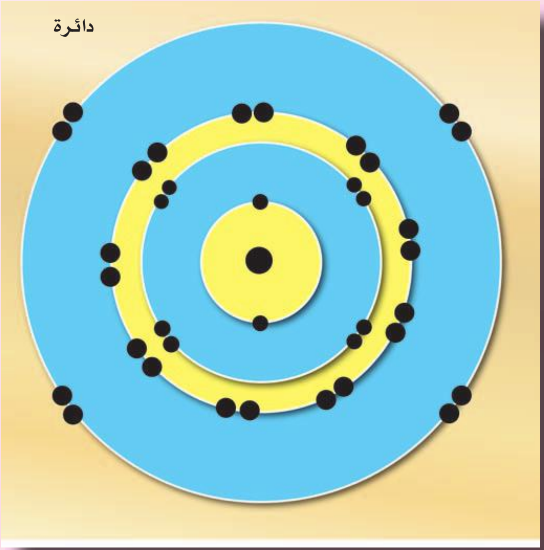


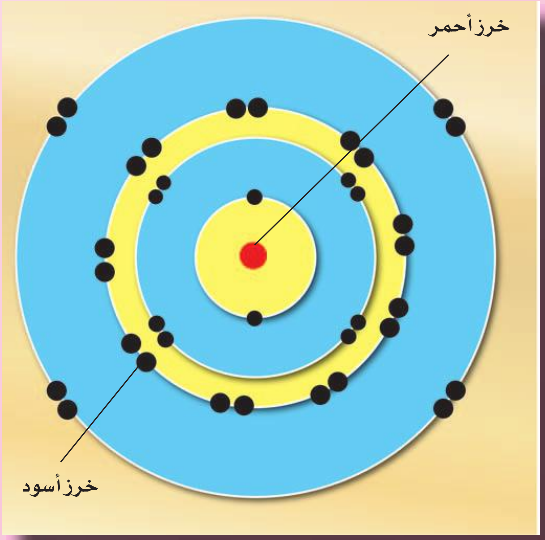
ما تحتاج إليه

- بطاقتين رقيقتين بلونين مختلفين
- لوح مربع الشكل
- قلم رصاص
- بوصلة
- مقص
- 36 خرزة سوداء صغيرة
- خرزة كبيرة حمراء
- أنبوب بلاستيكي
- صمغ

1. ارسم أربع دوائر لها أنصاف أقطار 8سم، 5سم، 4سم، 2سم. بالتوالي على البطاقتين الملونتين بحيث تتعاقب الألوان.
2. الصق الدوائر على اللوح، مبتدئاً بالأكبر. يجب أن تكون الدوائر متحدة المركز. الصق كل دائرة فوق الأخرى.
3. اقطع 37 مقطعاً عرضياً رقيقاً من الأنبوب البلاستيكي. الصقها على محيط الدوائر الأربعة. ثبت واحداً منها في المركز، اثنين في الدائرة الأقرب للمركز، 8 في الدائرة الثانية. 18 في الدائرة الثالثة، 8 في الدائرة الخارجية.
4. ضع الخرزة الحمراء على الحلقة التي في المركز. هذه تمثل النواة.
5. لتمثيل أي عنصر ابحث عن رقمه الذري من الجدول الدوري. حيث يحدد عدد الخرزات السوداء اللازمة للإلكترونات. رتب الخرزات السوداء مبتدئاً من المدار الداخلي. مثلاً إذا أردت أن تصنع ذرة الصوديوم، خذ 11خرزة ورتبها كما في الشكل.

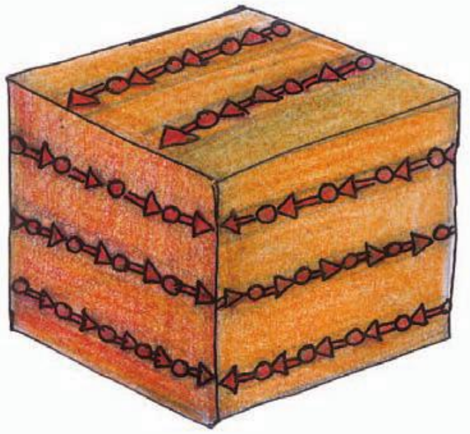




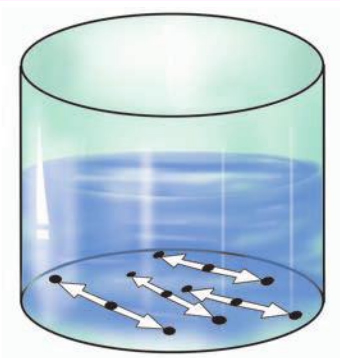


نموذج لذرة الصوديوم

الجوامد، السوائل، الغازات



جامد



سائل

توجد المواد في ثلاثة أشكال أو حالات مألوفة تسمى الجوامد والغازات والسوائل. ما الذي يصنع الجامد والسائل والغاز؟ للإجابة عن ذلك، يجب أن تتعرف أولاً على الفروق الأساسية بين الحالات الثلاث.

الجامد له شكل ثابت. وهو كثيف وصلب بسبب أن الجزيئات التي تكونه مرتبطة بشدة مع بعضها البعض. بمعنى آخر، قوة الجذب بين الجزيئات المتجاورة في الجامد تكون قوية. في غياب هذه القوة، تتحلل جميع الجوامد إلى جزيئات منفصلة.

لكن، إذا كانت الجزيئات تجذب بعضها، لماذا لا نستطيع ضغط الأشياء الجامدة بسهولة؟ هل هذا يعني أن جزيئات الجامد لا تستطيع جذب بعضها البعض بقوة، أو أنه عند وصول الجزيئات إلى مسافة معينة من بعضها تتنافر؟

في الواقع، هناك مسافة متوازنة تستقر فيها جزيئات الجامد مع بعضها البعض. هذه المسافة تختلف من جامد إلى آخر. مثلاً، الجامد الذي يتمدد بالتسخين، تكون قوة الجذب بين جزيئاته ضعيفة.

جزيئات الجامد تهتز باستمرار حول موضعها. هذه الحركة تعتمد على الحرارة الكامنة بالجسم. لذلك تسمى الحركة الحرارية. تزداد سرعة الحركة الحرارية عند تسخين الجامد.

في السائل، تكون قوة الجذب بين الجزيئات أضعف. لذلك لا ترتبط الجزيئات بإحكام مع الجزيئات المجاورة لها. تكون الحركة البطيئة بحدود حجم السائل مثل حركتك أثناء الازدحام. لهذا السبب لا يكون للسائل شكل محدد، بل يأخذ شكل الحاوية التي يوضع فيها. يمكنك بسهولة رؤية حركة الجزيئات في السوائل.

تحقق من هذا

أحضر كأساً من الماء. عندما يستقر الماء، ضع قطرة من الحبر بلطف على سطح الماء. ينتشر الحبر ببطء في الماء بسبب حركة الجزيئات.

حيث أن جزيئات السائل تتحرك، يجب أن يكون هناك مساحة فارغة في السائل. هذا يعني أن جزيئات السائل مرتبطة بشكل طليق مقارنةً بجزيئات الجامد. يمكنك أن تتحقق من ذلك بسهولة.



ما تحتاج إليه

- مخبار مدرج
- ملح
- ماء

1. املأ المخبار بالماء إلى منتصفه. سجل مستوى ارتفاع الماء.
2. أضف الملح للماء وحرك بلطف. هل هناك زيادة في مستوى الماء؟ أين يختفي الملح؟

تذوب جزيئات الملح في الماء وتأخذ موضعها تماماً بين المساحات الفارغة في الماء.

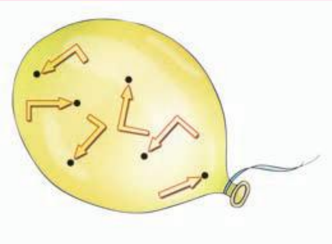
بخلاف الجوامد والسوائل، ليس للغازات شكل ثابت وحجم ثابت. قوة الجذب بين جزيئات الغاز ضعيفة جداً. لذلك تتحرك بشكل حر وطليق فتملأ الحاوية بأكملها.



• استنشق العطر

1. رش القليل من العطر في أحد أركان الغرفة. كم يلزمك من الوقت حتى تشم رائحة العطر في الجهة الأخرى ؟ كيف ينتشر العطر ؟
2. كرر نفس المحاولة مستخدماً البخور. حيث أن البخور يحترق باستمرار تنتشر الرائحة بشكل أسرع وتبقى لفترة أطول.

جميع جزيئات الغاز في حالة حركة حرارية ثابتة. وهي تصطدم مع بعضها البعض وبجزيئات جدران الحاوية. هذه الحركة الحرارية المتعرجة تسمى الحركة البراونية (بعد روبر براون، الذي كان أول من لاحظ في عام 1827 الحركة التذبذبية في حبوب الطلع العالقة في الماء). يمكنك أن تلاحظ الحركة البراونية.



فـي كل مـرة يصطدم فيها الجـزيء بجدران الحاوية، يؤثر ضغطـاً على الجدار. الضغط الكلي للغاز يعتمد على عدد التصادمات لكل ثانية. يمكنك أن تدرك أن عدد جزيئات أكثر يعني تصادمات أكثر كذلك ضغطاً أكبر.

هل تعلم؟

أحد العلماءِ الأوائل الذين درسوا العلاقة بين حجم الغاز وضغطه هو العالم روبرت بويل. في عام 1662م وضّح أن ناتج الضغط والحجم لكتلة معلومة من الغاز ثابتة ، طالما أن درجة الحرارة لا تتغير. هذا يسمى قانون بويل.

• التغير من حالة إلى أخرى

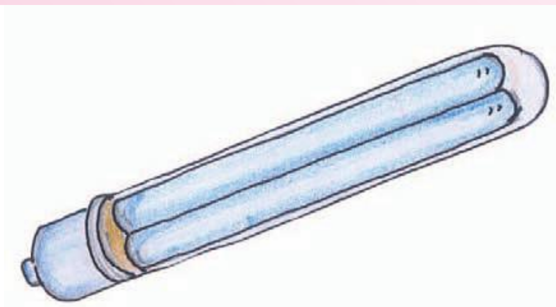
ما الغريب في التالي: أول أكسيد الكربون الجامد، الأكسجين السائل، بخار الصوديوم؟

لا شك أنك ستقول أن أول أكسيد الكربون والأكسجين غازات، ليست جامدة أو سائلة بينما الصوديوم صلب، وليس غازاً. لكن تحت أية ظروف تكون جوامد أو سوائل أو غازات؟ لا بد أنك تذكر أن حالة المادة يحددها شيئان – درجة الحرارة والضغط. نحن نعيش فـي ظـروف تكـون فيها درجة حرارة الجو والضغط غير مرتفعين، لذلـك إدراكنا الحسي للأشياء يكون بحسب وجودها في (درجة الحرارة والضغط العاديين).

عن طريق خفض درجة الحرارة بشكل كافٍ، يمكن لأول أكسيد الكربون أن يصبح جامداً والأكسجين سائلاً.

يستخدم أول أكسيد الكربون في تشكيل سحب الضباب على الساحة. يستخدم الأكسجين السائل كمزيج وقود في إطلاق الصواريخ.

يتبخر الصوديوم عندما يتم تسخينه. لا بد أنك رأيت مصابيح بخار الصوديوم. لذا نجد أن تهيئة الظروف الصحيحة يمكننا من الحصول على مواد في حالات المادة الثلاث.



مصباح بخار الصوديوم

• درجة الذوبان

كل مادة جامدة تتحول إلى سائلة عند درجة حرارة معينة، تسمى درجة ذوبانه. حاول قياس درجة ذوبان بعض المواد.

(تذكر أنه في حالات معينة لن تستطيع الوصول إلى درجة الذوبان – قد يتحلل الجامد كيميائياً).



ما تحتاج إليه

- أنبوب اختبار
- زبدة، شمع، شوكولاتة، سكر
- ملقاطين
- حوض أو دورق
- ماء
- مقياس درجة الحرارة (ثرموميتر)
- سخان أو موقد غازي

1. ضع كمية من الجامد الذي ترغب في قياس درجة ذوبانه في أنبوب الاختبار.
2. ضع الماء في الحوض ثم سخنه على نار هادئة.
3. امسك أنبوب الاختبار بالملقط، ثم ضعه داخل الماء. استمر في رجّه باستمرار بلطف.
4. في اللحظة التي يبدأ فيها السائل في الذوبان. أخرج أنبوب الاختبار من الماء.
5. قم بقياس درجة حرارة الماء.
6. كرر التجربة مرتين لكل مادة.
7. ماذا تخبرك درجة ذوبان الجامد عن قوة الجذب بين الذرة والجزيئات.

• تحت الضغط



ليست فقط الحرارة، ولكن أيضاً الضغط يذيب الجامد. يمكنك أن تتحقق من ذلك كالتالي :

1. اربط ثقلاً قدره 250جم في نهايتي سلك.
2. ضع مكعب ثلج على فوهة قارورة.
3. بحذر، ضع السلك على مكعب الثلج بحيث يتدلى على جانبي القارورة كما بالشكل.
4. يقطع السلك الثلج ببطء. لكن مكعب الثلج يبقى سليماً. كيف يحدث هذا ؟

الضغط الناتج عن الأثقال يساعد في ذوبان الثلج أسفل السلك. عندما يتحرك السلك لأسفل، يتجمد الماء في الأعلى.

• جزيئات الجامد أكثر انتظاماً

عندما يبرد السائل، يتجمد. هل المواد في الحالة الجامدة تشغل مساحة أقل منها في الحالة السائلة ؟ هيا لنتحقق.

ما تحتاج إليه

- بعض من الزبدة
- مقلاة ذات قاعدة سميكة
- مرطبان صغير
- سخان







1. سخن الزبدة بلطف في المقلاة.
2. أبعدها عن النار عندما تذوب.
3. اسكب الزبدة في المرطبان. املأها إلى حافتها ثم ضعها في الثلاجة لتبرد.
4. اخرج المرطبان عندما تتجمد الزبدة. ستلاحظ وجود ثقب في الزبدة. لماذا ؟

تحقق من هذا

هل يحدث الشيء نفسه للماء؟ املأ عبوة بلاستيكية بالماء. ضع العبوة في حجرة التجميد ولاحظ ما يحدث؟

• التبخر

عندما يتم تسخين السائل، تتحرك الجزيئات بسرعة أكبر. هذا يزيد من تدفق السائل. في النهاية تتمكن بعض الجزيئات من التغلب على قوة الجذب وتترك سطح السائل كبخار. يسمى هذا التبخر. يحدث التبخر من سطح السائل في جميع درجات الحرارة. لكن معدل التبخر يزيد بزيادة درجة الحرارة.

1. ضع ملعقتين من الماء في طبقين، كلاً على حدة.
2. ضع الأول تحت أشعة الشمس، والآخر في مكان بارد ومظلم.
3. الماء في الطبق الأول سيتبخر بسرعة أكبر. هل يمكنك تفسير ذلك؟



• رتب السوائل التالية تبعاً لمعدل التبخر

1. الماء
2. الكولونيا
3. الإيثر
4. الزئبق

• تبخر الجامد

عندما نقول أن المادة تتبخر، عادةً ما نقصد أن السائل يتبخر، لكن الجامد يمكن أيضاً أن يتبخر. عندما يتحول الجامد من الحالة الجامدة إلى الحالة الغازية مباشرةً، أو عندما يتحول الغاز إلى الجامد مباشرةً دون المرور بالحالة السائلة يسمى التسامي.

1. ضع بعضاً من كرات النفثالين داخل قطعة قماش.
2. أخرجها بعد مرور عدة أيام. سيحمل القماش رائحة النفثالين. ما الذي يسبب الرائحة؟ الرائحة سببها الجزيئات التي انفصلت عن كرات النفثالين. حيث يتبخر عند درجة حرارة الغرفة.
3. تحقق من حجم الكرات. هل تبدو أصغر حجماً؟



هل تعلم؟

يتسامى كل جامد له رائحة عند درجة معينة، بمعنى آخر كيف حصلت على الرائحة؟

• الغليان

يغلي السائل عند تسخينه بشكل كاف. يحدث هذا عند درجة حرارة معينة تسمى درجة الغليان للسائل. انتبه أن درجة الغليان ليست الدرجة التي يتحول فيها الغاز إلى سائل، إنه أعلى درجة حرارة يصل إليها السائل. عندما يصل السائل لهذه الدرجة، لا يسخن أكثر. الحرارة الإضافية تساعد في تحرير جزيئات السائل لتشكيل الغاز أو البخار.

1. ضع الترمومتر داخل غلاية الماء.
2. سخن الماء حتى يغلي.
3. لاحظ مستوى الزئبق في الترمومتر. يستمر في الارتفاع مباشرةً ويصل بسرعة إلى 100° م.
4. انتبه إلى أن الماء عندما يغلي فإن الزئبق يتوقف عن الارتفاع. النقطة التي يتوقف فيها الزئبق عن الارتفاع تسمى درجة الغليان.



• غليان الماء بتقليل الضغط



1. املأ دورقاً دائرياً لمنتصفه بالماء.
2. أحكم إغلاق فوهته بسدادة.
3. سخن حوضاً به ماء حتى يغلي.
4. نكس الدورق داخل الحوض بلطف كما في الشكل.
5. اطلب من صديق أن يسكب الماء البارد على الدورق. لاحظ مستوى الماء داخل الدورق. سيبدأ الماء في الغليان داخل الدورق بسبب الانخفاض في الضغط الجوي عندما يتم تبريده. عندما ينخفض الضغط، يغلي الماء عند درجة الحرارة المنخفضة.

• التكاثف



يتكثف الغاز أو البخار إلى حالته السائلة بخفض درجة حرارته. تحتاج معظم الغازات إلى درجات حرارة منخفضة للغاية لتميع. يمكن لبخار الماء أن يميع كما يمكن له أن يتكاثف عند درجة الحرارة العادية.

1. اغلِ الماء داخل غلاية.
2. لف مقبض ملعقة بالمنديل الورقي وضعه أمام مسار البخار المتصاعد. سوف تتجمع قطرات من الماء على سطح الملعقة.

هل تعلم؟

تتشكل السحب نتيجة لتبخر المياه من الأنهار والبحار، حيث ترتفع وتبرد وتتكاثف حول ذرات الغبار العالقة في الجو.





في الواقع، أي جسم غريب في الجو يساعد في عملية التكثف. يمكنك التحقق من هذا.

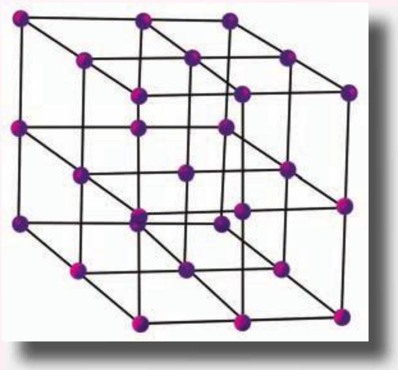
1. أحضر مرطباناً له فوهة واسعة. اسكب الماء في داخله إلى ارتفاع إنش واحد.
2. قص بالوناً كبيراً وغطِّ به فوهة المرطبان. ثبته بكتاب ثم اتركه مغطى لمدة عشر دقائق.
3. ضع بعضاً من مسحوق الطباشير في الجرة وأحكم إغلاقها مرة أخرى بسرعة بقطعة البالون وبرباط من المطاط.
4. وجه قبضتك إلى داخل الجرة. سوف يعمل هذا على تسخين الهواء في الجرة.
5. بعد عشر ثواني، ارفع قبضتك بسرعة. سيعمل هذا على تبريد الهواء بسرعة. يحمل الهواء البارد كمية أقل من بخار الماء من الهواء الدافئ. ستتكثف الماء الفائض حول جزيئات غبار الطباشير، عندها سترى سحابة متكونة في المرطبان.

تركيب الجوامد

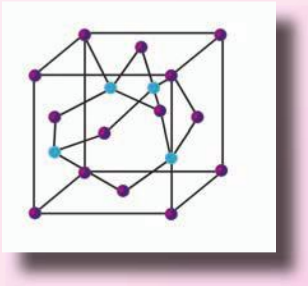
تتركب معظم المواد غير العضوية أو الجوامد غير الحية من بلورات، هي عبارة عن أجزاء من مواد لها أسطح مسطحة وحواف مستقيمة. جميع بلورات المادة الواحدة لها نفس الشكل على الرغم من الاختلاف في الحجم. الملح، السكر، ندفات الثلج، الألماس هي أمثلة متشابهة للبلورات. بينما، الجوامد مثل الحديد، النحاس والذهب هي أمثلة أيضاً لمواد تتكون من بلورات دقيقة. يمكن مشاهدة البلورات فقط باستخدام المجهر.

منذ مئات السنين، تبنى العلماء نظرية لتصنيف البلورات بالاعتماد على الشكل الخارجي. تبعاً لهذا التصنيف، جميع البلورات يمكن تقسيمها إلى 32 شكلاً، والتي بدورها تصنف إلى ستة أقسام أساسية، تسمى نظم.

مثلاً، بلورات الملح، الألماس، الذهب، الفضة، النحاس، الحديد، الرصاص جميعها لها هيكل مكعب الشكل. الأحجار الكريمة مثل الياقوت الأزرق، الياقوت، الزمرد وأيضاً الجليد والثلج لها بلورات ذات نمط سداسي. الجوامد ليست ذات الشكل البلوري تسمى (الإمورفوس) غير المتبلمرة. تأتي هذه الكلمة من الكلمة الإغريقية بمعنى (بدون شكل). الزجاج مادة غير متبلمرة.



بلورة كلوريد الصوديوم لها شكل مكعب



• تطور البلورات

تتبلمر المواد عندما تنصهر كلياً أو عندما تبرد الصخور ببطء أثناء صعودها إلى القشرة الأرضية. يمكنك بسهولة تشكيل بلورات من محاليل المواد.

1. قم بإذابة بعض الملح في كأس من الماء. يمكنك إذابة 70جم من الملح في كأس سعته 200مل في درجة حرارة 20°م. سيكون الماء مشبعاً بالملح. لا يمكن إذابة المزيد من الملح.
2. اترك محلول الملح المركز جانباً. بعد عدة أيام ستجد بلورات الملح في قاع الكأس. لاحظ أن مستوى الماء قد انخفض. هذا بسبب التبخر.
3. تخلص من الماء واجمع البلورات على ورقة سوداء. افحص البلورات من خلال عدسة مكبرة.



• يمكن لبلورات الجامد أن تتكون من بخاره

البلـورات السـوداء البراقـة لليـود يمكـن أن تتشكل من تبـريد بخـار اليود . يتحـول اليود من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة مباشرةً دون المرور بالحالة السائلة. تحت ظروف عادية من الضغط.

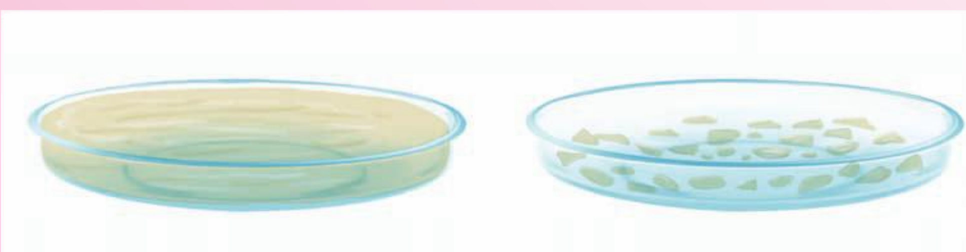
• الحصول على بلورات كبيرة

يساعـد عمليـة البلمرة إلى حد كبير إضافة بلـورات صغيرة إلى المحلول المشبع أثناء تشكل البلورات. تسمى بذور البلورات. تتجمع عند بذور البلورات جميع المواد المفصولة من المحلول، وبالتالي تمنع تكوين عدد كبير من البلورات الصغيرة.

• اصنع بلورات كبيرة من السكر

ما تحتاج إليه

- سكر
- إبريق زجاجي
- طبق
- خيط
- بطاقة

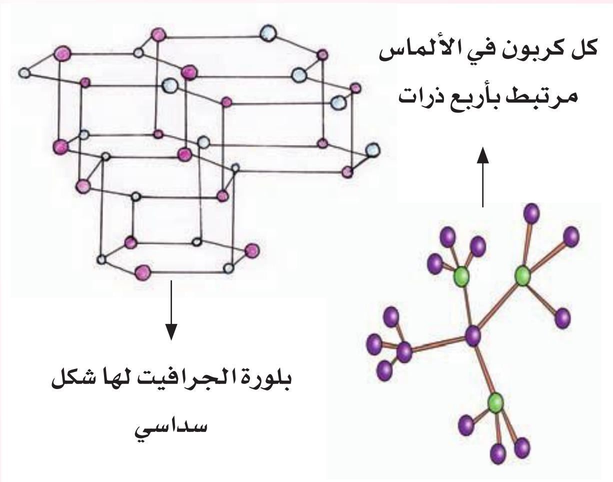


1. أولاً اصنـع محلـولاً مركزاً مـن السكر، بإذابة السكر فـي الإبريق المملوء بالماء.
2. ضع كمية من المحلول في الطبق واتركه ليتبخر.
3. بعد أربعة أو خمسة أيام ستجد العديد من البلورات في الطبق.
4. اجمـع البلـورات الكبيـرة واربطـها بالخيـط. هـذا سيجعلها مثل البذرة لعملية البلمرة.
5. ثبت الخيط بالبطاقة واتركه ليتدلى داخل الإبريق.
6. بعد أسبوعين، اجمع البلورات. كيف يكون حجمها؟



• لماذا نحتاج البلورات الكبيرة؟

عـادةً مـا تحتاج معامل العلوم والمصانع إلى بلـورات كبيرة بحيث لا يكون إنتـاج هـذه البلـورات وليـد الصدفـة. يحتاج قطـاع الصناعـة البصريـة إلى البلـورات الكبيـرة للكالسايـت، الملـح الصخـري، الفلورايـت.. إلـخ. بلـورات الياقـوت، الياقوت الأزرق، وأحجـار ثمينة أخرى تستخدم كأعداد في صناعة الساعات اليدوية. يتم استخدام الكوارتز على مدى واسع بسبب خاصيته في تحويل الضغط الميكانيكي إلى جهد كهربائي.



• ما الذي يكون البلورات؟

تتكـون البلـورات مـن ترتيب منتظـم للـذرات أو الجزيئات. فـي الحقيقة، يحـدد هـذا الترتيـب أو النمـط خصائص الجامـد، مثـل الصلابـة، درجـة الذوبان، الحرارة، والتوصيل الكهربائي.

مثـلاً، الكربون الـذي يتشكل في نوعين مختلفين تمامـاً. النوع الأول هو الألماس الذي يعتبر معدناً صلباً للغاية. تنشأ الصلابة من الروابط القوية جداً بيـن الـذرات في بلـورات الألماس. النـوع الآخر، الجرافيـت وهو واحد مـن أرق المواد. يتكون مـن ذرات الكربون المتراصة في شكل طبقات. توجد حلقـات ضعيفـة بيـن الطبقـات. نتيجة لذلـك يعتبـر الجرافيت مـن المواد الضعيفـة نسبيـاً. يستخـدم كزيـوت التشحيم. يوصـل الجرافيـت الكهرباء، بينما الألماس غير موصل للكهرباء.

تعتبـر درجـة الانصهـار المحـددة خاصيـة مهمـة للجوامـد المبلمـرة. للتنجستـن أعلى درجة انصهـار، حيث تصل إلى 3380°م. لذلك يستخدم على مدى واسع في تصنيع فتيل المصابيح الكهربائية.

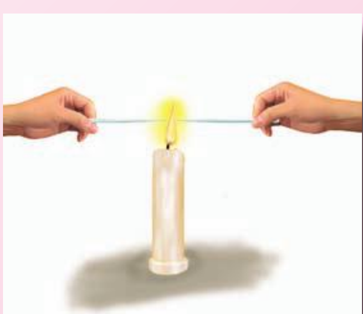
ينصهر الحديد عند 1539°م، الذهب عند 1063°م، الزئبق عند 39°-م.. إلخ.



• المواد غير المبلمرة

علـى النقيض من البلـورات، الجوامد غير المبلمرة مثل الزجاج والزجاج البركانـي ليـس لهـا درجـة انصهـار معينـة. لا تشكل هـذه المـواد البلورات. التركيب الداخلي والخارجي لها غيـر منتظم وليس له شكل محدد. عندما يتم تسخين قطعة من الزجاج الصلب يصبح رقيقاً بحيث يمكن مده أو ثنيه بسهولة. يمكنك أن تتحقق من هذا بسهولة.

1. امسـك بساق زجاجيـة على لهب موقد بنسن، بحيث يتعرض الجزء الأوسط فقط للحرارة.
2. بعد مدة، اسحب بلطف الساق للخارج من الجهتين. الزجاج الرقيق سوف يتمدد بسهولة.
3. أبعد الساق عن اللهب ولاحظ شكله.



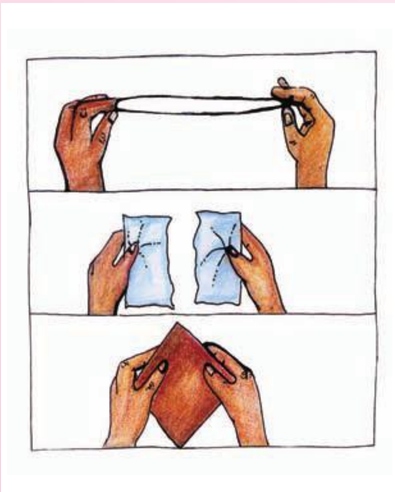
قوة الجوامد

قوة الجامد هي مدى قدرته على تحمل القوة المؤثرة عليه لتغيير شكله أو حجمه. هذه القدرة تعتمد على ترتيب الذرات والجزيئات في بلوراته. جميع الجوامد تخضع للقوة المؤثرة عليها إلى حدٍ ما. لكنها تستجيب بشكل مختلف لأنواع القوة المختلفة.

ما تحتاج إليه

- كرة معجون
- رباط مطاطي
- قصاصة ورق
- قطعة حديد
- قطعة زجاج





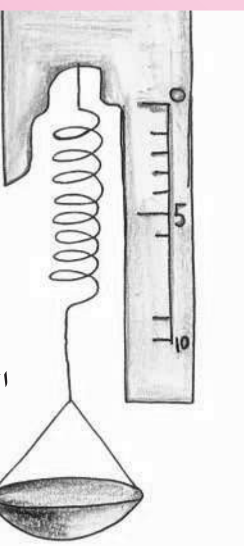
1. اطرق المواد. تتشوه كرة المعجون. لا يتأثر الرباط المطاطي والورق والحديد.
2. شد جميع المواد بيديك الاثنتين. يتمدد الرباط المطاطي عند شده ثم يعود إلى شكله وحجمه الأصليين عند تركه. إنه مرن. لا يحدث شيء من هذا القبيل للزجاج والورق والحديد. هل هذه المواد غير مرنة؟ عند شد المعجون يتمدد لكنه لا يستعيد شكله الأصلي. هل هو غير مرن؟
3. حاول تمزيق هذه المواد. يمكنك تمزيق الورقة لماذا؟

من الملاحظات السابقة يمكنك أن تستنتج الحاجة إلى تصنيف المواد إلى مرنة، غير مرنة، بلاستيكية، صلبة، هشة.. وهكذا، تبعاً لسلوكها تحت تأثير أنواع الأثقال المختلفة.

• المرونة

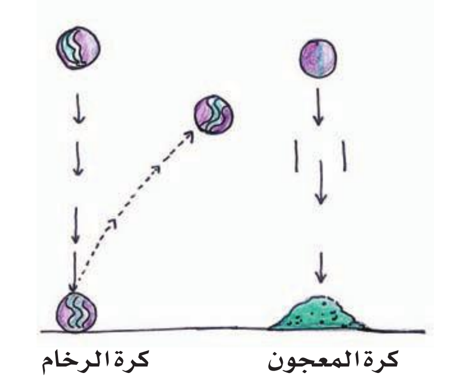
المرونة هي قدرة الجسم على استعادة شكله بعد توقف تأثير القوة عليه. يعتبر المطاط مادة مرنة لأنه يستعيد شكله وحجمه بعد شده أو ضغطه. وكذلك الحديد والفولاذ. لذلك يصنع الميزان الزنبركي من نابض ملفوف من الحديد.

المعجون والصلصال مواد غير مرنة لأنها لا تعود إلى شكلها الأصلي. النحاس والألمنيوم أقل مرونة من الفولاذ والزجاج، ولكنهما أكثر مرونة من المعجون والصلصال.

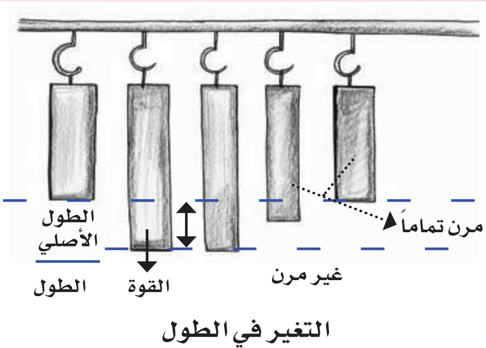


الميزان الزنبركي

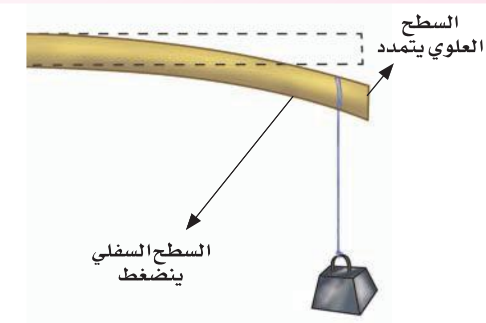
1. هناك طريقة واحدة للتعرف على كيفية ارتداد المواد المرنة من الأرض الصلبة.
2. شكل المواد التي تريد فحصها إلى كرات متماثلة الحجم.
3. أسقط الكرات الواحدة تلو الأخرى من نفس الارتفاع ثم قم بقياس الارتفاعات التي تصل إليها الكرات بعد ارتدادها. الرخام مثلاً يرتفع إلى حد كبير. إنه مرن. لكن كرة المعجون تصبح مسطحة. إنها غير مرنة.



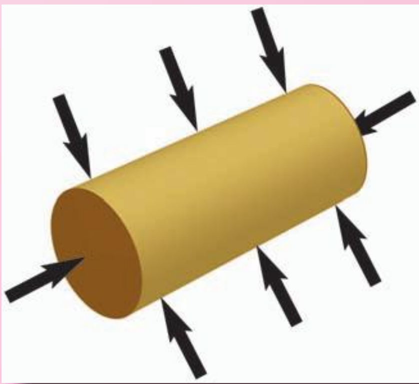
طريقة أخرى للتحقق من المرونة بواسطة تعليق أثقال معلومة من قضبان لمواد مختلفة، قياس التغير في الطول، ثم إزالة الأثقال لمعرفة إذا كانت القضبان تستعيد أطوالها الأصلية. المشكلة في هذه التجربة هي أن الاستطالة الناتجة عن الأثقال تكون صغيرة جداً في معظم الحالات.



يمكن التحقق من المرونة بطرق أخرى أيضاً. عند عصر قطعة من المطاط تجعله أصغر حجماً. هذه تسمى عملية الضغط. يمكنك أن تثني مسطرة خشبية ببذل ضغط بسيط. الثني هو عبارة عن خليط من الشد والضغط. إذا قمت بثني مسطرة للأسفل، يتعرض السطح العلوي للضغط.



القوة التي تؤثر على وحدة مساحة لجامد وتسبب تغيراً أو تشويهاً تسمى الضغط. عندما يقع الجسم تحت تأثير الضغط، يتولد إجهاد. أبسط أنوع التشوه أو الإجهاد هو التغير في الطول، أو إجهاد الشد. من ضمن الأنواع الأخرى للإجهاد هو إجهاد الضغط وإجهاد الحجم (التغير في الحجم).



تحقق من هذا



اختر قاموساً أو أي كتاب سميك آخر. ضعه على الطاولة ثم ادفع الجزء الأعلى للكتاب بشكل أفقي. ستنزلق الصفحات باتجاه القوة. أي من أنواع الإجهاد ينتج عن هذه القوة ؟

تغير القوة شكل الكتاب دون تغيير حجمه. هذا يسمى إجهاد القص.

في القرن السابع عشر الميلادي، قام العالم الإنجليزي روبرت هوك بالبحث في خصائص الجوامد تحت تأثير الضغط، وجد أنه بالنسبة للمواد المرنة، فإن الإجهاد الناتج عن الجسم يتناسب طردياً مع الضغط المؤثر. يسمى هذا قانون هوك.

• الجوامد غريبة !


تطويع الحديد

الزجاج هش في درجات الحرارة المنخفضة، يصبح مطاوعاً في درجات الحرارة المرتفعة. يمكن حينئذ نفخه وتشكيله.

الحديد معدن قاس جداً في درجات الحرارة المنخفضة، يسلك سلوك اللدائن في درجات الحرارة المرتفعة وبالتالي يمكن التحكم فيه بسهولة.

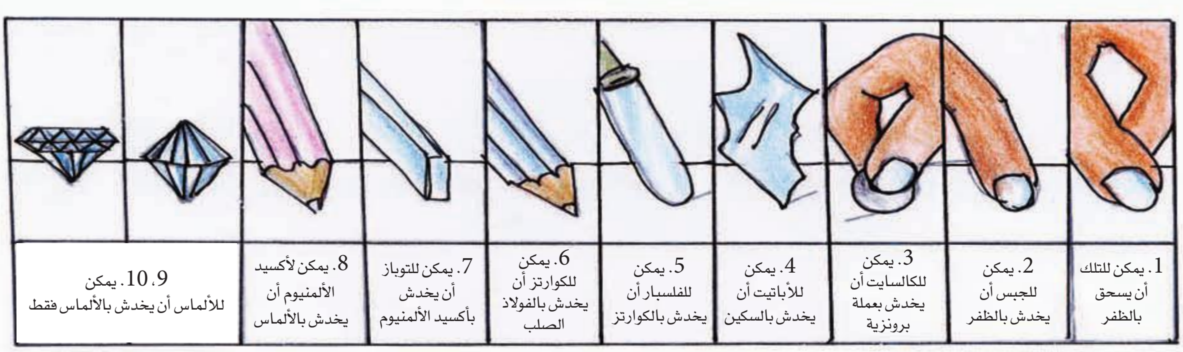
الصلصال من اللدائن عندما يكون رطباً. ويصبح قاسياً وصلباً عندما يجف. ولكن عند تسخين الصلصال لدرجات حرارة مرتفعة (يخبز) لصناعة القرميد والخزف، لا يصبح ليناً عند ترطيبه. هذا السلوك في الجوامد لا يبدو غريباً عندما تتذكر أن منظومة ذرات الجامد تتغير بتغير درجة الحرارة.

القوة والصلابة لا تعملان جنباً إلى جنب. الصلابة هي مقاومته للاختراق. يكون الجسم صلباً إذا كان من الصعب شده و ترك أثر عليه.

• اختبار الصلابة

عشر من المواد تم ترتيبها حسب صلابتها، لذلك كل معدن يمكنه أن يخدش المعدن الذي قبله، ويتم خدشه بالمعدن الذي بعده. مثلاً، الألماس (10) من أقسى المواد في العالم. أرق معدن هو التلك وهو الأقل صلابة.

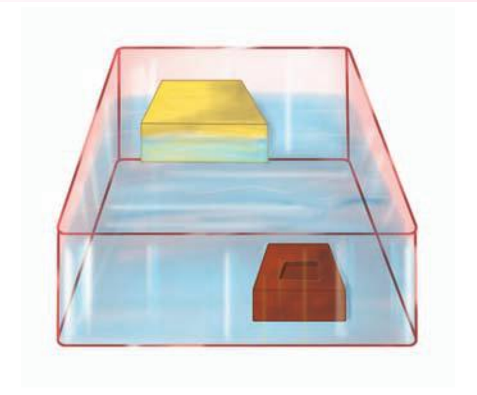
هل يمكنك أن تحدد صلابة المعدن الذي يمكن خدشه بالكوارتز، والمعدن الذي يترك أثراً على الفلسبار.



الطفو والرسوب

جميعنا يعلم أن أشياء معينة تطفو في الماء بينما أخرى ترسب. الجسم الذي يطفو في الماء قد يرسب في الكحول. والجسم الذي يرسب في الماء قد يطفو في الجليسرين. ما السبب في ذلك ؟

الأجسام التي تطفو في الماء هي أخف أو أقل كثافة من الماء. والأشياء التي ترسب هي أثقل أو أعلى كثافة من الماء. عندما يغمر أي جسم في الماء، يسحبه ثقله للأسفل. بالمقابل يدفع الماء الجسم للأعلى بقوة تدعى (قوة الدفع). السؤال الآن، من يتغلب على الآخر ؟



• هيا لنتحقق

ما تحتاج إليه

- طوب
- قطعة من الخشب
- حوض ماء

1. ضع الطوب في الماء. سيغمر لأن كثافته أعلى من كثافة الماء. قوة الدفع أقل من ثقل الطوب.
2. ضع قطعة الخشب في الماء. تطفو لأن كثافتها أقل من كثافة الماء.
3. ادفع قطعة الخشب إلى القاع. هل تشعر بقوة الدفع تدفع بعكس اتجاه يدك.
4. اترك قطعة الخشب. تندفع للأعلى وتطفو. إنها تطفو إلى مستوى حيث تتعادل فيه قوة الدفع مع ثقلها.

تحقق من هذا



الحديد أعلى كثافة من الماء. إذاً كيف يمكن للسفن المصنوعة من الحديد أن تطفو في الماء ؟

• لماذا تطفو الأشياء ؟

أول من درس قوة الدفع، هو العالم الإغريقي أرشميدس. وجد أن الجسم يغمر كلياً أو جزئياً في المائع (السوائل والغازات) ويطفو بتأثير قوة دفع إلى أعلى تعادل وزن السائل المزاح.

هذا المبدأ الذي يوضح الطفو، يسمى (مبدأ أرشميدس). بمعنى أن الجسم إذا أزاح كيلوجراماً واحداً من الماء، سيؤثر قوة دفع مقدارها 1كجم على الجسم.



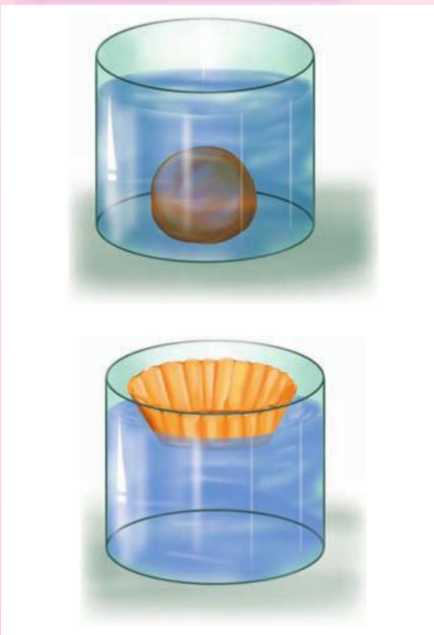
يطفو الجسم عندما يكون وزن السائل المزاح أكبر من وزنه. لذا المواد ذات الكثافة العالية مثل الحديد يمكن له أن يطفو وذلك بتعديل شكله لزيادة حجم الماء الذي يزيحه، وبالتالي زيادة قوة الدفع.

• اصنع قارباً من اللدائن

ما تحتاج إليه

- دلو مملوء بالماء إلى ثلاثة أرباعه
- معجون





1. اصنع كرة من المعجون.
2. ضعها في الماء بلطف. ترسب الكرة لأن كثافتها أعلى من كثافة الماء. ضع علامة عند مستوى الماء بعد ارتفاعه.
3. ارفع الكرة وأعد تشكيلها كقارب.
4. ضع القارب في الماء. هل يطفو ؟ سجل مستوى الماء الآن. لماذا يكون أعلى من المستوى السابق؟ أزيحت كمية أكبر من الماء بواسطة القارب والهواء بداخله.
5. غير شكل القارب. لاحظ أن القارب يغرق دائماً إلى العمق الذي يتعادل فيه وزن الماء المزاح مع وزنه.

• هيا لنقيس الطفو



ما تحتاج إليه

- ميزان
- مرطبان زجاجي
- عبوة صغيرة يمكن لها أن تطفو
- طبق كبير
- ماء



1. ارفع طبق الميزان واضبط الإبرة لتشير إلى الصفر.
2. ضع الميزان على الطبق الكبير.
3. ضع الجرة المملوءة بالماء على الميزان ثم سجل وزنها.
4. بهدوء ضع العبوة الصغيرة على الماء. سيفيض جزء من الماء في الطبق.
5. سجل الوزن مرة أخرى. لماذا لا يزيد الوزن عند وضع العبوة الصغيرة؟
6. يجب أن يكون وزن الماء المزاح مساوياً لوزن العبوة الطافية. تحقق من ذلك كما يلي:
7. ارفع الجرة من الميزان بحذر. أخرج العبوة الصغيرة وجففها.
8. قم بقياس وزن العبوة.
9. ارفع الميزان من الطبق. أعد طبق الميزان واضبطه على الصفر.
10. اسكب الماء من الطبق إلى طبق الميزان. ما هو وزن الماء ؟ هل يعادل وزن العبوة؟





• الماء يطفو

تحقق من هذا عندما تستحم

1. املأ حوض الاستحمام بالماء.
2. استلقي في الحوض ثم حاول أن ترفع جسمك بدفع يديك لقاع الحوض. ستجد ذلك سهلاً.
3. إذا حاولت أن ترفع نفسك بنفس الطريقة من أرضية غرفة المعيشة ، ستدرك مدى مساعدة الطفو في الماء.

تعمل الغواصة حسب مبدأ الطفو. عادةً يكون وزن الغواصة أقل من وزن نفس الحجم من الماء قليلاً. عندما تغوص الغواصة تمتلئ الخزانات بالماء، لذا تزن أكثر من حجم الماء المكافئ لها وترتفع بضخ الماء خارج الخزانات.

مثلما أن الجوامد الأقل كثافة من كثافة الماء تطفو، كذلك السوائل الأقل كثافة، شريطة ألا تختلط. يمكنك أن تتحقق من هذا.

اللزوجة

تتدفق جميع السوائل لتملأ الفراغات في الحاوية التي تحتويها. لكن بعض السوائل تتدفق بسهولة أكثر من غيرها. مثلاً الزيت، يتدفق ببطء أكثر من الماء. أما العسل يظل الأبطأ. مقاومة السائل للتدفق (الالتصاق) يعرف باسم اللزوجة. السائل الأعلى لزوجة هو الذي يتدفق بسهولة. يمكن الحكم أيضاً على لزوجة السائل بسرعة سقوط الأجسام الجامدة فيه، أو بالسرعة التي ينسكب فيها من خلال الفتحة.

• اختبر لزوجة السوائل

ما تحتاج إليه

- كرات البرجون
- عدد من مرطبانات المربى
- سوائل – ماء، حليب، زيت الطبخ، كحول، جليسرين، عسل، كاتشاب



1. املأ مرطبانات المربى بكميات متساوية من السوائل.
2. ضع المرطبانات أمام خلفية بيضاء.
3. اطلب من صديقك أن يمسك بالبرجون في كل يد على حدة فوق اثنتين من المرطبانات.
4. يترك صديقك البرجون في نفس اللحظة، بينما أنت تلاحظ سقوطها. أياً من البرجون يصل للقاع أولاً؟ ذلك السائل هو الأقل لزوجة من الآخر.
5. أعد التجربة مع تغيير أحد السائلين في كل مرة، حتى يمكنك ترتيب السوائل تبعاً للزوجتها.

هل تعلم؟

الغازات أيضاً لها لزوجة. لكنها أقل كثيراً من السوائل.

• هل يعتبر الشمع الأحمر جامداً أم سائلاً لزجاً؟

ما تحتاج إليه

- قطعتي فلين
- كأسين
- شمع أحمر ذائب
- مصهور نترات البوتاسيوم (الملح الصخري)





1. ضع الفلين في قاع الكأسين.
2. اسكب الشمع والملح الصخري في الكأسين على الترتيب.
3. كلا السائلين يقسو ويدفن الفلين. اترك الكأسين جانباً في الخزانة.

بعد عدة شهور ستلاحظ ظاهرة غريبة. يغوص الفلين في الملح الصخري ويبقى في القاع، بينما يبقى الآخر في الشمع على السطح! كيف حدث هذا؟ وصل الفلين إلى السطح كما في الماء. الاختلاف الوحيد هو بقاؤه طوال تلك المدة. عندما تكون قوة اللزوجة ضعيفة. يصعد الفلين مباشرةً. لكن في السوائل ذات اللزوجة العالية يستغرق الأمر شهوراً. الشمع الأحمر مادة غير مبلمرة والتي كما نعلم تشبه السائل أكثر من الجوامد المبلمرة.

• السوائل العسرة

الدفع بقوة والحركة بسرعة في السائل يجعلانه يقاوم أكثر (لزوجة السائل تزيد). السبب في ذلك أن الضغط يعصر السائل فتقل المسافات الفارغة بين الجزيئات، مما يصعب حركتها.

تحقق من هذا

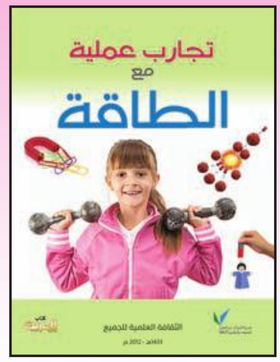
لِمَ تسخين السائل يقلل من لزوجته؟

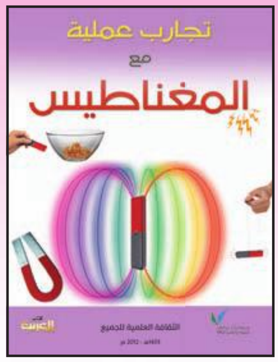
























لم تكن العلوم بالسهولة والإمتاع التي هي عليه الآن ولكن الصغار سيكتشفون العوالم العلمية عن طريق التجارب العملية السهلة والآمنة والبسيطة إضافة إلى المعلومات المدهشة التي تقدمها هذه الكتب المصورة

ISBN 978-603-8086-18-6